

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI

Programa de Pós-Graduação em Zootecnia

Hugo Vinícius Lelis Silveira

TORTA DE MACAÚBA COMO ADITIVO EM SILAGEM DE CAPIM-ELEFANTE

Diamantina

2017

Hugo Vinícius Lelis Silveira

TORTA DE MACAÚBA COMO ADITIVO EM SILAGEM DE CAPIM-ELEFANTE

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Gomes dos Santos Braz
Coorientador: Prof. Dr. João Paulo Sampaio Rigueira
Coorientadora: Profª. Dra. Márcia Vitória Santos

Diamantina

2017

Ficha Catalográfica – Serviço de Bibliotecas/UFVJM
Bibliotecário Anderson César de Oliveira Silva, CRB6 – 2618.

S587d Silveira, Hugo Vinicius Lelis
 Torta de macaúba como aditivo em silagem de capim-elefante /
 Hugo Vinicius Lelis Silveira. – Diamantina, 2017.
 46 p. : il.

 Orientador: Thiago Gomes dos Santos Braz
 Coorientador: João Paulo Sampaio Rigueira

 Dissertação (Mestrado – Curso de Pós-Graduação em Zootecnia) -
 Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

 1. *Acrocomia aculeata*. 2. Estabilidade aeróbia. 3. Perfil
 fermentativo. 4. Valor nutritivo. I. Braz, Thiago Gomes dos Santos.
 II. Rigueira, João Paulo Sampaio. III. Título. IV. Universidade Federal
 dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

CDD 636.085

Elaborado com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Hugo Vinícius Lelis Silveira

TORTA DE MACAÚBA COMO ADITIVO EM SILAGEM DE CAPIM-ELEFANTE

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Gomes dos Santos Braz

Data de aprovação 04/08/17.

Prof. Dr. Thiago Gomes dos Santos Braz
Instituto de Ciências Agrárias - UFMG

Prof. Dr. João Paulo Sampaio Rigueira
Faculdade de Ciências Agrárias - UNIMONTES

Profa. Dra. Márcia Vitória Santos
Departamento de Zootecnia - UFVJM

Profa. Dra. Marcela Azevedo Magalhães
Departamento de Zootecnia - UFVJM

Diamantina

2017

Aos meus pais
Pelo amor incondicional, pelo apoio e
por sempre me transmitirem força e coragem ao longo dos anos.
Dedico!

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar comigo todo tempo, me ouvindo e sempre me dando forças, coragem, iluminando meus caminhos e guiando meus passos na direção certa;

À Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pela oportunidade de realização do curso;

Ao Profº. Dr. Thiago Gomes dos Santos Braz, pela orientação, amizade, pela paciência em transmitir conhecimentos, profissionalismo e amor à profissão. Exemplo de profissional a ser seguido;

Ao Profº. Dr. João Paulo Sampaio Rigueira, pela amizade, pelos valiosos conselhos, pelo profissionalismo, pela colaboração e dicas para o desenvolvimento desse projeto;

A Profa. Dra. Márcia Vitória Santos e a Profa. Dra. Marcela Azevedo Magalhães pela participação da banca examinadora e pela contribuição nesse trabalho;

À Universidade Estadual de Montes Claros - Campus Janaúba por ter aberto as portas e ter me recebido com tanto carinho para que pudesse realizar as análises laboratoriais;

A todos os professores da pós-graduação pelo conhecimento e experiências que me proporcionaram;

À CAPES, pela bolsa de estudos concedida;

Aos meus pais, Almerindo e Marluce que são meus maiores exemplos e que muitas vezes renunciaram seus sonhos para realizarem os meus;

Aos meus irmãos, Bruno e Rodrigo pela força e apoio de sempre;

A todos meus familiares, em especial minha Avó, que sempre disse que nunca esquece de mim em suas orações;

Ao grupo de estudos em forragicultura da UFMG, pela ajuda no desenvolvimento desse projeto. Sem a ajuda de vocês nada do que foi feito seria possível;

Aos colegas de mestrado por compartilhar momentos de conhecimento e descontração em Diamantina. A colega de mestrado e amiga Ana Luiza (irmã), pelo companheirismo, pelos bons e inesquecíveis momentos de estudo e pela paciência em ouvir os meus problemas. Sempre bate uma saudade;

A secretária da pós-graduação Elizângela, por estar sempre disposta a ajudar com sua rapidez e boa vontade. Um exemplo de educação e eficiência;

A todos os funcionários do Departamento de Zootecnia da UFVJM, pela ajuda e bom convívio;

Aos amigos Pablo Jordan, Jéssica Gusmão, Deiyse Alves, Gledson (Sal), Jader Silveira, Guilherme Steferson, Aylle, Raul Helbert, Tayná Brito, Denise, Thyalla, Taniele, Dayane, Marielle (Marys), Eloízio, Thiago Frederick que mesmo distantes sempre me deram força e me apoiaram no decorrer dessa caminhada. Vocês são um pedaço da minha felicidade;

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram para que eu realizasse mais essa conquista.

Muito obrigado!!!!

“O ego é dotado de um poder, de uma força criativa, conquista tardia da humanidade, a que chamamos vontade. ”

Carl Jung

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos da adição de doses crescentes do subproduto torta de polpa de *Acrocomia aculeata* (macaúba) sobre o valor nutritivo, características fermentativas, perdas do processo fermentativo e influência na estabilidade aeróbica de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 4 repetições. Os tratamentos foram constituídos pela forrageira capim-elefante aditivada de seis doses de torta de polpa de coco de macaúba com base na matéria natural (0, 6, 12, 18, 24, 30%). A planta forrageira passou por período de 150 dias de amarmazenamento em silos experimentais de polietileno (PVC). Foi determinado o valor nutritivo, as características fermentativas, as perdas e a estabilidade aeróbica. Verificou-se efeito linear crescente ($P < 0,05$) das doses de TPCM sobre o teor médio de matéria seca (MS), extrato etéreo (EE), lignina, carboidratos não fibrosos (CNF) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) das silagens de capim-elefante, entretanto, os teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), fibra em detergente ácido (FDA) e proteína bruta (PB) foram reduzidos linearmente ($P < 0,05$) à medida que se elevou a adição de TPCM. A inclusão de TPCM elevou linearmente ($P < 0,05$) os valores de pH e reduziu os valores de nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$) das silagens. Os valores de produção de efluentes na silagem decresceram linearmente ($P < 0,05$) com a inclusão do aditivo. Os valores de perda por gases apresentaram resposta quadrática ($P < 0,05$) à medida que se elevou a adição de TPCM nas silagens. A estabilidade aeróbica foi afetada nas silagens de capim-elefante, mostrando uma elevação na estabilidade a medida que se elevava a dose de inclusão da TPCM. De forma geral a adição da TPCM melhora o valor nutritivo e os parâmetros fermentativos da silagem de capim-elefante, sendo recomendado a inclusão de 15 % desse aditivo.

Palavras chave: *Acrocomia aculeata*, estabilidade aeróbica, perfil fermentativo, valor nutritivo.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effects of the addition of doses of *Acrocomia aculeata* pulp by-product (macaúba) on nutritive value, fermentative characteristics, losses of fermentation and influence on aerobic stability of Elephant grass silages (*Pennisetum Purpureum* Schum.). The experimental design was completely randomized with 4 replicates. The treatments were constituted by Elephant grass forage with six levels of macauba coconut pulp cake (MCPC) based on natural matter (0, 6, 12, 18, 24, 30%). The silos were storage by 150 days in experimental polyethylene (PVC) silos. The nutritive value, fermentative characteristics, losses and aerobic stability were determined. There was an increasing linear effect ($P < 0.05$) of MCPC doses on the mean dry matter (DM), ether extract (EE), non-fibrous carbohydrates (NFC) and in vitro dry matter digestibility (IVDMD) of Elephant grass silages. However, neutral detergent fiber (NDF), neutral detergent fiber corrected for ash and protein (FDNcp), acid detergent fiber (ADF), and crude protein (CP) were linearly reduced ($P < 0.05$) as the addition of MCPC was increased. The inclusion of MCPC linearly increased ($P < 0.05$) the pH values and reduced the ammoniacal nitrogen (N-NH₃) values of the silages. The values of effluent production in the silage decreased linearly ($P < 0.05$) with inclusion of the additive. The gas loss values presented a quadratic response ($P < 0.05$) as the addition of MCPC to the silages increased. Aerobic stability was affected in Elephant grass silages, showing an increase in stability as the inclusion dose of MCPC was increased. In general, the addition of MCPC improves the nutritive value and fermentative parameters of Elephant grass silage. Recommended the inclusion of 15% of this additive.

Keywords: *Acrocomia aculeata*, aerobic stability, fermentative profile, nutritive value.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CNF- Carboidratos não fibrosos

DIVMS- Digestibilidade *in vitro* da matéria seca

EE- Extrato etéreo

FDA- Fibra em Detergente Ácido

FDN- Fibra em Detergente Neutro

FDN cp- Fibra em Detergente Neutro corrigida para cinzas e proteína

MM- Matéria mineral

MO- Matéria orgânica

MS- Matéria seca

PB- Proteína bruta

PE- Produção de efluentes

PG- Perda por gases

TPCM- Torta de polpa de coco macaúba

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	17
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	19
2.1 Silagem de capim-elefante.....	19
2.2 Uso de aditivos absorventes de umidade.....	21
2.3 Torta de polpa de coco macaúba.....	23
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	25
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
5 CONCLUSÕES.....	37
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38

1 INTRODUÇÃO

As pastagens assumem papel importante em nível mundial, pois proporcionam alimento de baixo custo e valor nutritivo para os rebanhos, especialmente em países de clima tropical, onde são utilizados pastos de gramíneas e leguminosas forrageiras de ciclo perene. Essas plantas por sua vez, estão sujeitas às variações sazonais no outono e inverno, quando baixas temperaturas e precipitação interferem negativamente no seu crescimento, na qualidade e oferta de forragem pelo pasto. O déficit de forragem gerado pela estacionalidade na produção das plantas forrageiras torna-se, então, um dos fatores mais limitantes à produção animal em pastagem, devendo ser suprido por meio de estratégias como o uso de forragens conservadas.

Entre as técnicas de conservação, podemos destacar a ensilagem, que pode ser definida como o processo de fermentação anaeróbica do volumoso úmido, acondicionado em silos (SANTOS *et al.*, 2011). As culturas tradicionalmente utilizadas no processo de ensilagem são o milho e o sorgo. Entretanto, Nussio *et al.* (2000) afirmaram que a ensilagem de capins tropicais é uma opção frente às culturas convencionais e tem como benefícios o uso de plantas perenes e o aproveitamento do excedente produzido na época das águas. Além disso, podemos destacar como vantagens o menor custo da produção da forragem dos capins e a maior abundância desse alimento.

Dentre as opções, o capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) é considerada uma das gramíneas forrageiras com melhores características para o processo de ensilagem, já que apresenta alta produtividade, grande adaptabilidade, número grande de variedades, facilidade de cultivo, boa aceitação pelos animais e um bom valor nutritivo. Embora apresente todas essas características favoráveis, o capim-elefante apresenta baixo teor de matéria seca, alto poder-tampão e baixo teor de carboidratos solúveis durante o crescimento vegetativo, fase onde possui melhor valor nutritivo. Estas características colocam em risco o processo de conservação por meio da ensilagem, devido às possibilidades de surgirem fermentações indesejáveis (ANDRADE *et al.*, 2012; PIRES *et al.*, 2009).

Os fatores listados anteriormente atuam sinergicamente e prejudicam o processo de redução do pH da forragem durante a ensilagem. Nesse caso, a maior quantidade de água implica na diluição dos ácidos produzidos durante a fermentação e em lenta queda do pH, prolongando o período de sobrevivência de micro-organismos indesejáveis (JOBIM *et al.*, 2007). Diante disso, tratamentos que eliminam o excesso de umidade da planta, podem ser alternativas viáveis para melhorar os resultados do processo de ensilagem do capim.

Dentre as técnicas que visam reduzir a umidade da forrageira, podemos citar o processo de emurchecimento e o uso de aditivos sequestrantes de umidade, ou seja, produtos ricos em matéria seca (OLIVEIRA *et al.*, 2010; TEIXEIRA *et al.*, 2008). Um bom aditivo para ensilagem de gramíneas tropicais deve apresentar elevado teor de matéria seca, ótima capacidade de absorção de água, alto valor nutritivo, boa aceitabilidade pelos animais e alto teor de carboidratos solúveis, além de fácil manipulação, boa disponibilidade no mercado e baixo custo (SANTOS *et al.*, 2010; YITBAREK; TAMIR, 2014).

Os subprodutos da indústria do biodiesel são alimentos alternativos que podem ser utilizados como aditivos absorventes de umidade. Dentre eles a torta de polpa de coco macaúba (*Acrocomia aculeata*) possui algumas características intrínsecas (elevado teor de MS e alta concentração de carboidratos solúveis), o que torna esse subproduto um alimento com potencial na alimentação de ruminantes através da sua utilização na ensilagem de gramíneas tropicais, podendo aumentar o teor de matéria seca, melhorar o valor nutritivo da silagem e minimizar as perdas fermentativas.

Assim, associação da ensilagem de capins tropicais ao uso da torta de polpa de coco macaúba pode melhorar os resultados da conservação da silagem de gramíneas tropicais e contribuir para aumentar a adoção deste método pelos produtores rurais e para redução dos custos de produção no campo. Além disso, também vislumbram-se alternativas limpas de destino para os produtos da indústria de biodiesel.

Assim, esse trabalho foi proposto com o objetivo de avaliar os efeitos da adição de níveis crescentes do subproduto torta de polpa de coco macaúba sobre o valor nutritivo, características fermentativas, perdas do processo fermentativo e a estabilidade aeróbia de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.).

2.1 Silagem de capim-elefante

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) é uma gramínea forrageira de metabolismo C₄, que apresente elevado potencial de produção de biomassa. No Brasil, esta forrageira tem sido utilizada principalmente para o estabelecimento de capineiras, mas também pode ser utilizada para pastejo (FONSECA; MARTUSCELLO, 2010).

Sua utilização em propriedades rurais normalmente está concentrada em áreas pequenas, de maior valor e potencial produtivo, que permitem a obtenção de elevadas taxas de acúmulo de massa seca como relatado por Ferreira (2015), que obteve valores de 270 kg/ha.dia para a cultivar BRS Canará, evidenciando o grande potencial de produção desta planta durante o período das águas. Nessa fase, normalmente o nível de produção do pasto é satisfatório, o que leva ao acúmulo excessivo de biomassa na capineira e perda da qualidade do mesmo que é colhido tardiamente no período da seca quando o produtor se depara com situações de deficiência de forragem.

Alternativamente, a colheita e conservação da produção do capim-elefante no período das águas permitirá o armazenamento de alimento para o período da entressafra e o manejo correto da capineira, que irá rebrotar acumulando forragem de melhor qualidade para colheita durante a entressafra. Segundo Nussio *et al.* (2000) a ensilagem de gramíneas tropicais como o capim-elefante é uma alternativa as culturas convencionais e tem como benefícios o uso de plantas perenes e o aproveitamento do excedente das águas. Além disso, há vantagens do ponto de vista econômico já que a produção por área é elevada, gerando menor custo por quilograma de matéria seca (CORREA; POTT, 2001).

Além das características citadas anteriormente, Pereira *et al.* (2013), destaca que o capim-elefante apresenta elevada adaptabilidade às condições climáticas brasileira, elevado valor nutritivo, boa aceitação pelos animais, perenidade e alto potencial de produção de matéria seca (PEREIRA *et al.*, 2013). Por ser uma das gramíneas C₄ mais eficientes fotossinteticamente, o capim-elefante normalmente apresenta produções superiores a 25 toneladas de MS/ha.ano, quando bem manejado (PEREIRA *et al.*, 2013; ALVES *et al.*, 2016).

Desta forma, com a finalidade de maximizar a produção de MS por hectare e ainda aproveitar o período de adequado valor nutritivo para fornecimento de forragem verde no cocho, o capim-elefante deve ser colhido quando as plantas apresentarem altura de 1,8 a 2,0m (ALVES *et al.*, 2016).

No entanto, quando o capim-elefante é colhido nesse período, apresentam teores de matéria seca próximos a 20% e concentração de carboidratos solúveis variando de 2 a 3% da matéria seca (FERREIRA *et al.*, 2013; BERNARDES *et al.*, 2013). Essas características

influenciam negativamente o processo fermentativo, impedindo o rápido decréscimo do pH, pois a elevada umidade acarreta em diluição dos ácidos responsáveis pela queda do pH, como consequência temos a ocorrência de fermentações secundárias indesejáveis e a queda na qualidade do produto preservado. Além disso, ocorre a perda de nutrientes pela elevada quantidade de efluente produzido podendo causar poluição ambiental (MCDONALD, 1981; BERNARDINO *et al.*, 2005).

O efluente prejudica ainda a qualidade da silagem, pois carrega consigo grande quantidade de compostos orgânicos e de minerais provenientes do material ensilado (LOURES *et al.*, 2003). Estes mesmo autores, avaliando silagens de capim-elefante cv. Cameroon com 13 e 25% de MS, observaram que não houve produção de efluente no capim-elefante ensilado com maior teor de MS (25%), enquanto que a silagem do capim-elefante com 13% de MS teve perdas significativas.

A umidade elevada causa diluição dos ácidos que foram produzidos pelas bactérias ácido lácticas (BAL), dificultando a queda do pH do meio até valores adequados (3,8 a 4,2) para inibição dos micro-organismos e atrasando o início da fase de estabilidade da silagem (JOBIM *et al.*, 2013). Ainda, devido a elevada atividade de água (A_w), observa-se a ação de bactérias do gênero *Clostridium* que se desenvolvem às expensas de carboidratos e proteínas oriundos do material ensilado gerando como produtos finais deste tipo de fermentação, ácido butírico, água e dióxido de carbono, causando assim perdas sensíveis do valor nutritivo (CASTRO *et al.*, 2006; JOBIM *et al.*, 2007; McDONALD, 1981). Confirmando a atuação desses micro-organismos em silagens com elevado teor de umidade, Santos *et al.* (2008) observaram nitrogênio amoniacal de 20,1 % de N total e valor de pH de 4,4 em silagem de capim-elefante ensilado com 20,72% de MS.

Vale ressaltar que em silagens com elevado teor de umidade, a formação de compostos como ácido butírico, amônia e aminas biogênicas também são preocupantes, uma vez que os mesmos, além de indicarem perdas de nutrientes importantes, também podem atuar inibindo o consumo dos animais e prejudicar o desempenho (GERLAC *et al.*, 2014).

Para adequado processo de fermentação, os teores mínimos de carboidratos solúveis presentes na forragem devem ser de 8 a 10% da MS, e ainda há interação entre este fator com a capacidade tampão e o teor de MS (MCDONALD *et al.*, 1991). Foi observada correlação alta e positiva entre o teor de ácido láctico das silagens e o teor de carboidratos solúveis das forrageiras ($r = 0,81$), indicando que a fermentação láctica está na dependência do teor dessas substâncias (PEREIRA *et al.*, 2007; RIBEIRO *et al.*, 2007). Sendo assim, o

suprimento adequado de carboidratos é essencial para a formação do ácido lático, que é o principal responsável pela conservação anaeróbica (SENGER *et al.*, 2005).

Desta forma algumas técnicas são avaliadas para se contornar o problema da umidade elevada. Sendo por meio do pré-emurchecimento e/ou pela adição de produtos absorventes de umidade. Estes tipos de aditivos são utilizados com a finalidade de reduzir a atividade de água livre, restringindo a ação de bactérias do gênero *Clostridium* e, ainda, elevando o teor de carboidratos solúveis na massa ensilada, facilitando o estabelecimento das bactérias de ácido lático, rápida queda do pH e, conseqüentemente, o controle dos micro-organismos indesejáveis (BERNARDES *et al.*, 2005).

Relatos na literatura mostram que a adição de produtos absorventes de umidade tem sido cada vez mais estudada com a finalidade de elevar o teor de matéria seca do capim-elefante (RÊGO *et al.*, 2010; ZANINE *et al.*, 2010; VIANA *et al.*, 2013; SANTOS *et al.*, 2014).

2.2 Uso de aditivos absorventes de umidade

Um material para ser utilizado como aditivo sequestrante de umidade em silagens deve apresentar elevado teor de matéria seca, capacidade de retenção de água, prover carboidratos solúveis para a fermentação e, ainda, ter aceitabilidade pelos animais. Na escolha dos aditivos, também deve-se levar em consideração outros fatores importantes como a disponibilidade (varia de acordo cada região), o custo de aquisição e a facilidade de manipulação (SANTOS *et al.*, 2010; YITBAREK; TAMIR, 2014). Deve-se observar ainda a forma como o material foi moído e a natureza do aditivo, pois a sua capacidade de reter água pode variar, conforme avaliado por Dexter (1961), sendo observado maior poder de retenção para os materiais processados mais finamente e para os materiais ricos em fibra, como palhas e fenos, que se mostraram mais eficientes do que grãos moídos finos.

A utilização desses coprodutos é de interesse, uma vez que a agroindústria apresenta um grande problema, que é a dificuldade de proporcionar um destino para alguns resíduos produzidos no processamento de materiais de origem vegetal. Esses resíduos se tornam responsáveis em parte pela poluição do ambiente quando são descartados de maneira desordenada (SILVEIRA *et al.*, 2002). Desta forma, a elevada produção desses resíduos e o aumento da preocupação com os problemas ambientais tem sido um dos motivos do uso destes materiais na alimentação animal de forma direta na formulação de rações ou indireta como aditivos para correção do teor de umidade de silagens de gramíneas tropicais.

Os aditivos absorventes de umidade, são utilizados com a finalidade de reduzir a atividade de água livre, limitando a ação de bactérias do gênero *Clostridium* e, ainda, como fornecedores de açúcares solúveis no material ensilado, facilitando o estabelecimento das bactérias do ácido láctico (BAL) (BERNARDES *et al.*, 2005). Em decorrência da atuação desses microrganismos e elevada umidade, as silagens de gramíneas sem aditivos estão sujeitas à expressivas perdas por efluente, o qual carrega grandes quantidades de compostos orgânicos, tais como: açúcares, ácidos orgânicos, minerais e proteínas (PINHO *et al.*, 2008).

Resultados envolvendo o uso de aditivos absorventes de umidade em silagens de gramíneas apontaram efeitos positivos e negativos desses materiais sobre a qualidade das silagens. Em estudo realizado por Gonçalves *et al.* (2004) avaliando o efeito da adição de subprodutos do processamento da goiaba e da acerola em silagem de capim-elefante, foi observado que a adição do subproduto da acerola proporcionou elevação da ordem de 11,35 unidades percentuais nos teores de MS das silagens quando os níveis de adição variaram de 0 a 20% de inclusão. Além de elevar o teor de matéria seca, estes subprodutos proporcionaram aumento no teor de proteína bruta quando comparados com a silagem controle (sem aditivos).

Em pesquisa utilizando casca de café como aditivo, foi observado que a adição desse material resultou em redução no teor de umidade das silagens de capim-elefante, em decorrência do seu alto teor de MS (89,3 %), e verificaram que a produção de efluentes foi eliminada totalmente a partir do nível de 20,0% de inclusão desse coproduto. Neste mesmo trabalho foi verificado que adição de casca de café na ensilagem do capim-elefante melhorou as características fermentativas da silagem, diminuindo os teores de pH e nitrogênio amoniacal. Contudo, sua inclusão promoveu acréscimo considerável nos teores de nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) e lignina, além de redução da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (BERNARDINO *et al.*, 2005). Surgindo então, a necessidade de adequar o nível ideal que melhore as características fermentativas sem prejudicar o aproveitamento dos nutrientes.

A inclusão de jaca desidratada em silagens de capim-elefante, aumenta as recuperações de matéria seca e proteína bruta, melhora o perfil fermentativo, reduz a fração fibrosa e resulta em silagem com maior teor de proteína bruta. Entretanto, sua utilização não deve ultrapassar a valores superiores a 10%, uma vez que, a partir desse nível de inclusão, o excesso de açúcares pode estimular fermentações secundárias, não sendo, no entanto, observadas melhorias nesses casos (SANTOS *et al.*, 2008). A adição de farelo de mandioca, torta de babaçu, e vagens de faveira de bolota, foram eficientes na redução das perdas por

efluentes e melhoraram as características de fermentação da silagem de capim-elefante (MOTA *et al.*, 2015).

2.3 Torta de polpa de coco macaúba

A *Acrocomia aculeata* (Jacq) Lood. ex Mart. (macaúba) é uma palmeira nativa das florestas tropicais brasileiras, de ampla distribuição geográfica, podendo alcançar até 15 metros de altura e 20 a 30 cm de diâmetro (LORENZI *et al.*, 1996). Seus frutos são esféricos ou levemente achatados, podendo variar de 2,5 a 5,0 cm de diâmetro. A parte externa do fruto (epicarpo) possui volume médio de 17 % do total do fruto e rompe-se facilmente com o amadurecimento. O mesocarpo ou polpa (tecido organizado abaixo do epicarpo e sob o endocarpo), compreende volume médio de 52% do total do fruto, apresenta característica mais fibrosa e mucilaginosa, com sabor adocicado, rica em carboidratos, de coloração amarela ou esbranquiçada e pode ser comestível. O endocarpo (volume médio de 31% do total do fruto) é fortemente aderido à polpa, com parede enegrecida e a amêndoa oleaginosa é revestida de uma fina camada de tegumento (BONDAR, 1964; SILVA, 1994; HENDERSON *et al.*, 1995; GRAY, 2005). A frutificação acontece durante todo o ano e os frutos amadurecem, principalmente, entre setembro e janeiro (LORENZI, 2006).

No Brasil a espécie é encontrada principalmente nos Estados de Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Ceará, São Paulo e por toda região Sul. Em Minas Gerais, a macaúba é encontrada em três áreas: Alto Paranaíba, Zona Metalúrgica e Norte de Minas, uma vez que essa palmeira acompanha áreas de solos que apresentam fertilidade natural mais elevada e vegetação primitiva de fitofisionomia florestal (MOTTA *et al.*, 2002).

Essa palmeira apresenta usos diversificados, sendo utilizada na área medicinal, cosméticos, alimentícios, entre outros. Todavia, a mais promissora e que tem se destacado é sua capacidade de produção de óleo vegetal, considerando-se que a macaúba é citada como umas das principais fontes desse óleo no país (NUCCI, 2007). Ao se comparar a macaúba com outras culturas produtoras de óleo no Brasil como soja, girassol e mamona, fica evidente o potencial da macaúba já que a produção destas pode atingir 420, 890 e 1320 litros por hectre, prespectivamnte, ao passo que a macaúba pode atingir 4000 litros (CESAR, 2003). Vale ressaltar que através de plantios racionais e de programas de melhoramento, esse valor pode aumentar consideravelmente, oferecendo potencial para produção de biodiesel, proporcionando vantagens econômicas, ambientais e sociais (NUCCI, 2007).

Há dois tipos de óleo extraídos da macaúba: o óleo oriundo da amêndoa, que apresenta coloração amarelada, sendo este mais nobre, podendo ser utilizado na indústria alimentícia e também em produtos de cosméticos e o óleo da polpa, que é esverdeado e aproveitado como biodiesel ou na indústria de cosméticos (CIPRIANO, 2006).

O processo de retirada do óleo pode gerar dois coprodutos denominados de torta de amêndoa e torta de polpa, sendo a primeira o material que sobra após a extração do óleo de amêndoa e o segundo a sobra da extração do óleo da polpa, ambas por processo de prensagem. Segundo Sanjinez-Argandoña e Chuba (2011), cada cacho produz 6,32 kg de polpa e 1,36 kg amêndoa. Considerando uma média de sete cachos por planta, estima-se que a produção média anual de polpa e de amêndoa possa alcançar 44,24 kg e 9,52 kg, respectivamente. Desta forma, espera-se, de 200 plantas por hectare, 8.848 kg de polpa e 1.904 kg de amêndoa. Para que esses materiais não sejam descartados no meio ambiente eles podem ser utilizados na alimentação animal, minimizando esse descarte indiscriminado e ao mesmo tempo diminuindo o custo com alimentação na produção animal.

Apesar da escassez de estudos que confirmem sua utilização, em trabalhos com pequenos ruminantes, foi observado que essas tortas podem ser incluídas na dieta desses animais junto ao concentrado (BARRETO, 2008; AZEVEDO *et al.*, 2012). A composição química da torta de macaúba foi determinada por Barreto (2008) e por Moraes (2012) que caracterizaram caracterizou o coproduto como altamente energético e fibroso, apresentando os seguintes resultados: teor de matéria seca de 87,81 e 90,73%; teor proteína bruta de 7,55 e 6,43%; extrato-etéreo de 12,82 e 13,44%; percentual de FDN de 62,68 e 63,52%, respectivamente). Estas características indicam que a torta de macaúba tem potencial para ser aproveitada como aditivo absorvente de umidade em silagens de gramíneas tropicais.

Com relação a composição do óleo residual da polpa de macaúba os principais ácidos graxos encontrados foram o ácido oleico (73%), o ácido palmítico (16%) e o ácido linoleico (2%) além de outros ácidos graxos monoinsaturados (COSTA *et al.*, 2012). Observou uma diminuição nos teores de ácido graxos insaturados com o extrato seco, uma vez que o extrato passa por processamentos e por desidratação. Essa perda de água acaba deixando os compostos bioativos mais concentrados em relação à fruta *in natura* (ESTEFAN *et al.*, 2010; AMARAL, *et al.* 2007; COSTA *et al.*, 2012).

Contudo, estudos sobre a torta de polpa de coco macaúba (TPCM) como aditivo ainda são escassos, gerando lacunas que devem ser preenchidas através de pesquisas que determinem o melhor aproveitamento desse produto na ensilagem. Devido ao seu alto teor de extrato etéreo, são necessárias avaliações do efeito da inclusão da torta na silagem, pois a

suplementação lipídica em excesso na dieta de ruminantes pode comprometer o crescimento microbiano ruminal (PALMQUIST; JENKINS, 1980; BYERS; SCHELLING, 1989), sendo as bactérias Gram-positivas, metanogênicas e os protozoários os mais sensíveis (DOREAU; FERLAY, 1995).

Partindo desse pressuposto, Rufino *et al.* (2011) avaliaram a inclusão de doses crescentes de torta de macaúba na dieta de ruminantes e concluíram que a inclusão das doses de 10 e 15% aumentam a população de médios protozoários e não reduzem a população dos demais grupos, mostrando não haver efeito negativo sobre esse tipo de micro-organismo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nas dependências do Instituto de Ciências Agrárias – ICA da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), em Montes Claros, MG. A cidade de Montes Claros está situada na região Norte de Minas. As coordenadas geográficas são: latitude sul de 16° 50' 52,7", longitude oeste de 43° 50' 26,9" e altitude de 646,3 m. O clima, segundo classificação de Köppen é do tipo Aw, considerado tropical de savana, com inverno seco e verão chuvoso com temperaturas médias elevadas situadas em torno de 25 a 35°C (SÁ Jr. *et al.*, 2012).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 6 tratamentos, constituído pela forrageira capim-elefante (*Pennisetum purpureum* cv. Cameroon) aditivada de cinco níveis de torta de polpa de coco de macaúba com base na matéria natural (6, 12, 18, 24, 30%) mais o tratamento controle sem aditivo e 4 repetições para cada tratamento.

A colheita do capim-elefante foi realizada em áreas de capineira e pastagem já estabelecidas no campo agrostológico da UFMG e a TPCM foi obtida do beneficiador de coco macaúba do município de Montes Claros. O coco da palmeira foi descascado e despulpado e, deste, extraído o óleo por método mecanizado. A torta, resíduo proveniente deste processo, e a forragem que foram utilizadas nessa pesquisa foram previamente analisadas apresentando as características bromatológicas mostradas na Tabela 1.

Tabela 1 – Composição química da forragem de capim-elefante e da torta de polpa de coco macaúba (TPCM) antes da ensilagem

Item	Capim-elefante	TPCM
Matéria Seca (%)	22,98	85,49
Cinzas (% MS)	7,95	5,65

Proteína Bruta (% MS)	8,07	5,89
Extrato Etéreo (% MS)	1,03	23,93
FDN (% MS) ¹	73,13	38,87
FDNcp (% MS) ¹	66,36	33,36
FDA (% MS) ¹	42,13	22,05
Lignina (% MS)	6,95	9,43
DIVMS (%) ¹	60,56	66,45
CNF (% MS) ¹	16,59	31,17

¹FDN (Fibra em detergente neutro); FDNcp (Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína); FDA (Fibra em detergente ácido); CNF (Carboidratos não fibroso); DIVMS = digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria seca

O corte da forrageira foi realizado manualmente a dez centímetros da superfície do solo, quando o capim-elefante possuía 2,00 metros de altura. A desintegração foi feita em ensiladora estacionária regulada para tamanho de partículas de 0,5 a 2,5 cm.

O capim picado, após intensa homogeneização, foi misturado com a TPCM, conforme os tratamentos e posteriormente ensilado em silos experimentais de PVC de 10 cm de diâmetro e 50 cm de comprimento. Foi determinado o volume de cada silo experimental e pesada a quantidade de forragem necessária para obtenção de densidade de estocagem equivalente a 700 kg/dm³. Cada silo foi preenchido com cerca de 5 cm de areia lavada, pré-secada em estufa de ventilação forçada a 65°C por três dias para funcionar como reservatório para a produção de efluentes. A areia foi separada do material ensilado por meio de tela plástica de malha fina. O material foi compactado com auxílio de pesos de madeira. Após a ensilagem os silos foram fechados com tampa de PVC dotadas de válvulas do tipo “Bunsen” na parte superior para permitir o escape dos gases. Após o enchimento e colocação das tampas, os silos foram lacrados com silicone e fita adesiva, pesados e armazenados.

Decorridos 150 dias de armazenamento, a silagem passou pelo processo de avaliação da qualidade, composição bromatológica e avaliação da estabilidade aeróbica.

Após o período de fermentação, os silos foram pesados novamente para verificar a redução do peso e quantificar as perdas fermentativas. Após a abertura do mesmo, a silagem foi retirada e o silo foi pesado com a areia para determinar o acúmulo de efluentes no reservatório. De posse desses valores, foram quantificadas as perdas sob as formas de gases e efluentes por diferença de peso. Para o cálculo da perda por gases, foi utilizada a equação 1:

$$PG (\%MS) = [(PsChf - PsCha) / (MVFE \times MSFE)] \times 100$$

Em que:

PG – perdas por gases;

PsChf – peso do silo cheio no fechamento (kg);

PsCha – peso do silo cheio na abertura (kg);

MVFE – massa verde da forragem ensilada (kg);

MSFE – teor de matéria seca da forragem ensilada (%).

A mensuração das perdas por efluente foi realizada de acordo com a equação 2 descrita em Jobim *et al.* (2007).

$$E = (Pab - Pen) / (MVfe) \times 1000$$

Onde:

E = Produção de efluente (kg/t de massa verde);

Pab = Peso do conjunto (silo + areia úmida+tela) na abertura (kg);

Pen = Peso do conjunto (silo + areia seca+tela) na ensilagem (kg);

MVfe = Massa verde de forragem ensilada (kg).

No processo de abertura dos silos, a silagem contida no topo de cada unidade experimental foi descartada, o restante foi homogeneizado e foram coletadas amostras para realização das análises de composição química, perfil fermentativo e avaliação da estabilidade aeróbia.

As análises químicas foram realizadas de acordo com os procedimentos analíticos do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Ciência Animal (INCT-CA; DETMANN *et al.*, 2012). Foi determinado o teor de matéria seca (MS) (INCT-CA G-003/1), os teores de fibra em detergente neutro (FDN) (INCT-CA F-001/1), cinza insolúvel em detergente neutro (CIDN) (INCT-CA M-002/1) e proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) (INCTCA N-004/1), fibra em detergente ácido (FDA) (INCT-CA F-003/1), matéria mineral (MM) (INCT-CA M-001/1), proteína bruta (PB) (INCT-CA N-001/1), extrato etéreo (EE) (INCT-CA G-005/1) e lignina (INCT-CA F-005/1).

A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), foi calculada segundo metodologia de Tilley e Terry (1963). Para o cálculo de carboidratos não fibrosos (CNF) foi utilizada a equação recomendada por Sniffen *et al.* (1992), sendo $CNF = 100 - (PB + EE + FDN_{cp} + MM)$.

Para a análise de pH, foram coletadas sub-amostras de aproximadamente 0,015 Kg, no momento da abertura dos silos, às quais foram acrescentadas 0,060 L de água destilada e, após repouso por 0,5 horas, foi efetuada a leitura do pH, utilizando-se potenciômetro Beckman Expandomatic SS-2, pelo método descrito por Silva e Queiroz (2002).

Para determinação do nitrogênio amoniacal (N-NH₃) foi obtido extrato aquoso da silagem, onde 0,030 Kg de amostra foram misturadas a 0,270 L de água destilada com

posterior agitação em aparelho homogeneizador (Stomacher 400, Seward, London, UK). A medida de nitrogênio amoniacal foi determinada por meio de eletrodo combinado seletivo para determinação de íon amônia (95-12 Thermo Scientific Orion Star), sendo utilizado o aparelho multiparâmetro (A214 pH / ISE Thermo Scientific Orion Star).

Para avaliação da estabilidade aeróbia, todo conteúdo restante das silagens de cada tratamento (1,0 a 2,5 kg) após a retirada para as análises, foram acondicionadas em baldes plásticos de capacidade de 5,0 kg, onde permaneceu por dez dias em sala climatizada com temperatura regulada para 25° C. A temperatura de cada amostra foi monitorada diariamente. Para isso, um termômetro digital foi inserido na massa ensilada, em profundidade de 0,10 m, para tomada de temperatura duas vezes ao dia, sempre às 8 e às 17 h. Sempre após as medições a massa de silagem contida nos baldes eram homogeneizadas. A temperatura ambiente foi medida com o auxílio de termômetro localizado na sala climatizada; a média registrada foi de 24,5°C e a variação, entre 23,8 e 26,0°C.

A instabilidade aeróbia foi calculada como o tempo, em horas, para que as silagens, após a abertura do silo, apresentassem temperatura de 2°C mais elevada que a temperatura ambiente (Kung Jr. *et al.*, 2000), temperatura máxima registrada após a abertura dos silos, tempo para atingir temperatura máxima, diferença máxima entre a temperatura da silagem e do ambiente, somatório das diferenças de temperatura das silagens e do ambiente, tempo para que a temperatura das silagem apresente tendência de elevação, conforme proposto por O'Kiely *et al.* (1999).

Outro parâmetro utilizado para avaliação da estabilidade aeróbia das silagens foi o pH, pois segundo Cherney e Cherney (2003), o pH é um bom indicador da qualidade de silagens com baixo teor de MS. Para essa avaliação foi retirado diariamente do mesmo balde aproximadamente 0,015 Kg da massa para determinação dos valores de pH, seguindo as metodologias descritas em Silva e Queiroz (2002).

Os dados foram submetidos a análise de variância adotando-se 5% como nível crítico de probabilidade de ocorrência do erro tipo I. No caso de efeito dos níveis de inclusão da TPCM, os dados foram submetidos a análise de regressão, também adotando-se 5% como nível crítico. Todas as análises foram realizadas utilizando-se o software estatístico SAS versão 9.0 (*Statistical Analysis System*, 2002).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os conteúdos MS, PB, EE, MM, FDN, FDNcp, FDA, Lignina, CNF e DIVMS foram significativamente alteradas pelas doses de inclusão da torta de polpa de coco macaúba usado na ensilagem (Tabela 2).

Verificou-se efeito linear crescente ($P < 0,05$) dos níveis de TPCM sobre o teor médio de MS da silagem de capim-elefante, sendo que para cada 1% de inclusão do aditivo observou-se elevação de 0,66 % nos teores de MS da silagem. Esse resultado evidencia a efetividade da TPCM como aditivo sequestrante de umidade. De fato, o teor de MS da TPCM (85,49%) é superior aos teores de MS do capim-elefante (22,98%).

Segundo McDonald (1981), uma silagem deve apresentar teor de MS entre 25 a 35%, para que esta não apresente problemas no processo fermentativo devido ao excesso de umidade ou dificuldades na compactação. Esses autores citam ainda que as silagens que apresentaram teor de MS abaixo de 25% podem ser consideradas menos estáveis e com baixo teor de ácido lático, pois o baixo teor de MS aumenta a atividade de água da silagem que permite maior sobrevivência de micro-organismos deteriorantes como enterobactérias e clostrídeos. Já o teor de MS dentro da faixa ideal reduz a atividade de micro-organismos deteriorantes, principalmente a atividade dos clostrídeos, permitindo, assim, que as bactérias ácido-láticas produzam ácido lático suficiente para estabilizar a silagem de forma mais rápida.

Por meio da equação de regressão, foi possível estimar que a adição de 15,54% de TPCM na silagem de capim-elefante proporcionaria teor de MS de 35% na silagem, atingindo faixa adequada para correção (Tabela 2). O aumento no teor de MS com o uso de aditivos absorventes de umidade também foi verificado por outros autores. Rezende *et al.* (2010), ao estudarem a adição de TPCM nas silagens de capim-elefante e cana-de-açúcar, verificaram efeito linear crescente para os teores de MS das silagens ($p < 0,01$), encontrando para cada 1% de inclusão da torta elevação de 0,56 pontos percentuais nos teores de MS das silagens de capim-elefante, e de 0,61 pontos percentuais para silagens de cana-de-açúcar.

Tabela 2- Composição química e digestibilidade *in vitro* da matéria seca de silagens de capim-elefante aditivadas com níveis crescentes de torta de polpa de coco macaúba (TPCM)

Variável	Doses de TPCM (% na Massa verde)						Equação de regressão	R ²	CV (%)
	0	6	12	18	24	30			
MS	23,81	28,53	33,34	38,25	40,50	43,42	$\hat{Y} = 0,6612x + 24,724$	0,98	3,26
PB	7,34	7,30	7,30	7,29	7,27	6,86	$\hat{Y} = -0,0128x + 7,404$	0,68	2,09
EE	1,50	5,17	8,43	11,13	12,62	15,39	$\hat{Y} = 0,4500x + 2,2883$	0,97	9,35
MM	5,86	6,11	7,23	7,47	6,16	5,56	$\bar{Y} = 6,40$	-	-

MO	94,14	93,89	92,77	92,53	93,84	94,44	$\bar{Y} = 93,60$	-	-
FDN	68,97	65,31	61,68	57,09	53,92	52,59	$\hat{Y} = -0,5744x + 68,542$	0,98	1,59
FDN cp	67,00	62,51	59,10	54,90	51,47	50,06	$\hat{Y} = -0,581x + 66,221$	0,98	1,53
FDA	42,93	39,44	37,28	35,26	32,81	30,86	$\hat{Y} = -0,3919x + 42,311$	0,98	1,45
LIG	6,57	6,84	6,98	7,14	7,27	7,87	$\hat{Y} = 0,0378x + 6,5459$	0,91	1,77
CNF	18,29	18,94	17,93	19,20	21,97	22,13	$\hat{Y} = 0,1407x + 17,635$	0,67	5,33
DIVMS	56,35	60,66	61,27	62,16	64,97	67,18	$\hat{Y} = 0,3236x + 57,245$	0,92	1,62

R²- Coeficiente de determinação; CV (%) - Coeficiente de variação; MS- Matéria seca (%); PB- Proteína bruta (%MS); EE- Extrato etéreo (%MS); MM- Matéria mineral (%MS); MO- Matéria orgânica (%MS); FDN- Fibra em detergente neutro (%MS); FDN cp- Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (%MS); FDA- Fibra em detergente ácido (%MS); LIG- Lignina (%MS); CNF- Carboidratos não fibroso (%MS); DIVMS- Digestibilidade *in vitro* da matéria seca (%);

Houve efeito linear negativo ($P < 0,05$) da TPCM para os teores de PB na silagem de capim-elefante. Para cada unidade percentual de torta adicionada à silagem houve um decréscimo de 0,013 % no teor de PB. A redução no teor de PB das silagens com a adição da torta é consequência do menor teor proteico da torta em comparação ao capim-elefante (Tabela 1). Com exceção da dose de 30 % de inclusão do aditivo, os valores obtidos nas silagens estão acima do nível mínimo (7% de PB) recomendado para o bom funcionamento ruminal quando há consumo satisfatório da forragem (SILVA; LEÃO, 1979).

A adição de TPCM elevou linearmente ($P < 0,05$) os teores de EE das silagens de capim-elefante estimando-se acréscimo de 0,45 pontos percentuais para cada 1% de adição de TPCM. Isso pode ser explicado pela maior porcentagem de EE na TPCM (23,93%) comparado ao capim-elefante (1,03%) no momento da ensilagem. O processo de prensagem, normalmente utilizado na extração do óleo de macaúba, proporciona coproduto denominado torta com elevado teor de lipídeos que irão contribuir positivamente com a energia e o NDT das dietas.

Apesar do componente EE contribuir muito no incremento energético, deve-se ter cuidados em sua manipulação para não ultrapassar o limite de 5 a 7% na matéria seca (NRC, 2001), uma vez que dietas com altos teores de EE podem ser prejudiciais para os ruminantes, devido a interferência na fermentação ruminal, causando efeito deletério sobre a digestibilidade de outros componentes, principalmente, da fibra.

Desta maneira, através da equação de regressão, estimou-se a dose mínima de inclusão da TPCM para obtenção de silagens com teores médios de 5 e 7% de EE, sendo respectivamente, de 6,02 e 10,47% de torta para as silagens de capim-elefante. Outra consequência que pode ser associada ao elevado teor de EE proveniente do aditivo é o aumento do pH das silagens aditivadas, sendo encontrados valores maiores do que a silagem

apenas de capim, sendo explicado pela diminuição da eficiência das bactérias láticas em produzir ácidos orgânicos e, conseqüentemente, promover a redução no pH da silagem.

A adição de TPCM na silagem de capim-elefante não promoveu alterações significativas nos teores de MO e MM, que apresentaram valores médios de 93,60 e 6,40, respectivamente.

Já os teores de FDN, FDNcp e FDA das silagens de capim-elefante reduziram linearmente ($P < 0,05$) à medida que se elevou a adição de TPCM (Tabela 2). Essa redução é justificada pelo baixo teor dessas frações fibrosas no aditivo em comparação ao teor observado no capim (Tabela 1). Em consequência disso, a silagem de capim-elefante apresentou aumento linear ($P < 0,05$) no teor de CNF a medida que se elevava a dose do aditivo. Redução nos teores de FDN e FDA em silagens de capim-elefante também foi observada por Cruz *et al.* (2010) e Cardoso *et al.* (2016) em trabalhos realizados com adição de casca desidratada de maracujá e farelo de crumbe, respectivamente. A redução nos teores de fibras e o aumento no teor de CNF evidencia o potencial da TPCM como aditivo para silagens de capim em função da sua capacidade de fornecer componentes de maior digestibilidade para os animais.

Apesar dos micro-organismos ruminais terem a capacidade de converter fibra em energia (ácidos graxos voláteis), teores elevados de FDN e FDA não são desejados em dietas para ruminantes. Segundo Resende *et al.* (1994), o elevado teor de FDN pode ocasionar menor ingestão de MS, em razão do efeito físico de enchimento ruminal pelo material excessivamente fibroso, reduzindo a taxa de passagem do alimento pelo trato digestivo e aumentando o tempo de digestão. Já os altos teores de FDA podem comprometer a digestibilidade da matéria seca (VAN SOEST, 1994).

Diferente do observado para a FDN e FDA, observou-se aumento linear ($P < 0,05$) no teor de lignina na silagem de capim-elefante em função das doses de TPCM (Tabela 2). Deve-se ressaltar, que apesar do baixo teor de fibras, a TPCM apresenta elevada quantidade de lignina na fração fibrosa, o que pode ser explicado pela presença do mesocarpo que é processado junto ao coco da macaúba, o qual apresenta grande quantidade de lignina na sua estrutura. Para cada unidade porcentual de TPCM adicionada a silagem, foi verificado aumento de 0,04% no teor de lignina. O resultado encontrado corrobora aquele descrito por Viana *et al.* (2013), que avaliaram o valor nutritivo da silagem de capim-elefante aditivada com níveis crescentes de torta de algodão. Conforme os autores, o aumento linear crescente no teor de lignina pode ser atribuído ao maior conteúdo de lignina presente na torta utilizada

(9,2%), a qual foi adicionada durante a ensilagem, em comparação ao capim-elefante, com 6,3% de lignina.

Verificou-se efeito linear ($P < 0,05$) dos níveis de TPCM sobre a DIVMS das silagens, estimando-se para cada unidade de TPCM adicionada, aumento de 0,32% no valor da DIVMS para a silagem de capim-elefante (Tabela 2). Esses são explicados pelo alto coeficiente de digestibilidade da MS da TPCM, que provavelmente se deve à baixa fração fibrosa e elevado teor de CNF e EE. O aumento da digestibilidade da silagem é particularmente importante quando são utilizadas silagens de gramíneas de clima tropical que apresentam valores baixos para esta variável.

Foi observado efeito significativo sobre pH, nitrogênio amoniacal (N-NH_3), perdas por efluentes (PE) e perdas gasosas (PG) com a adição crescente do aditivo (Tabela 3).

Tabela 3- Perfil fermentativo, produção de efluentes e perda por gases de silagens de capim-elefante aditivadas com níveis crescentes de torta de polpa de coco macaúba (TPCM)

Item	Doses de TPCM (% da massa verde)						Equação de regressão	R ²	CV (%)
	0	6	12	18	24	30			
pH	3,62	3,76	3,88	3,95	4,12	4,18	$\hat{Y} = 0,0188x + 3,634$	0,93	1,33
NH ₃ -N	11,9	9,42	7,89	7,58	6,61	6,42	$\hat{Y} = -0,1722x + 10,886$	0,86	9,12
PE	0	36,9	36,5	25,0	9,59	6,80	$\hat{Y} = -1,2348x + 38,685$	0,88	23,67
PG	3	0,07	0,03	0,02	0,019	0,02	$\hat{Y} = 0,00009x^2 - 0,0045x + 0,068$	0,88	24,47
	4	5	7		2				

R²- Coeficiente de determinação; CV (%) - Coeficiente de variação; NH₃-N-Nitrogênio amoniacal (% N total); PE- Produção de efluentes (Kg/ton de MV¹); PG- Perdas por gases (%);

A análise de regressão revelou efeito linear negativo ($P < 0,05$) dos níveis de TPCM sobre os teores de N-NH_3 das silagens de capim-elefante. Para cada unidade percentual de torta adicionada houve redução de 0,17% de N-NH_3 para as silagens de capim-elefante. É importante destacar que, em todos os tratamentos, as silagens apresentaram teores de N-NH_3 satisfatórios, ou seja, ficaram abaixo de 12%, valor este que segundo McDonald (1981) é o limite superior para considerar as silagens como de boa qualidade. O N-NH_3 é um parâmetro importante no processo de avaliação das silagens, pois indica a extensão da atividade de micro-organismos como os clostrídeos na degradação da proteína e da massa ensilada.

A adição de TPCM reduziu para valores mínimos as perdas por efluentes, demonstrando o seu elevado potencial como aditivo absorvente de umidade. Os valores de

produção de efluentes na silagem de capim-elefante decresceram linearmente ($P < 0,05$) com a adição da TPCM. O aumento em 1% da concentração da TPCM na silagem de capim-elefante provocou decréscimo de 1,22 kg/t de massa verde na produção de efluentes.

É válido considerar que o efluente das silagens carrega compostos nitrogenados, açúcares, ácidos orgânicos e sais minerais (Igarasi, 2002), de maneira que, a inclusão de TPCM foi uma alternativa vantajosa, pois impediu o escape de nutrientes via efluentes. Os resultados encontrados neste trabalho são semelhantes aos encontrados por Viana *et al.* (2013), que ao avaliarem as perdas por efluentes da silagem de capim-elefante contendo doses crescentes de torta de algodão, verificaram que as perdas por efluentes foram reduzidas eficientemente a partir da dose de 7 % de inclusão do aditivo e os valores de perdas reduziram a quase zero com a inclusão da dose máxima testada (28 % de torta de algodão).

Os valores de perda por gases apresentaram resposta quadrática ($P < 0,05$) à medida que se elevou a adição de TPCM na silagem de capim-elefante. Foi estimado valor mínimo de 0,012 % de perda por gases referente ao nível de 25% de inclusão da TPCM. As perdas por gases estão associadas ao perfil de fermentação ocorrido na silagem, sendo assim, a redução das perdas deve-se, provavelmente, à mudança na dinâmica da microbiota da silagem que passou a ser constituída por menor quantidade de micro-organismos produtores de gás, como as bactérias clostrídicas e as enterobactérias (PEREIRA; SANTOS, 2006). Entretanto, foi observado no presente estudo, que independente da dose utilizada do aditivo os valores de perdas ficaram abaixo do máximo recomendado por McDonald *et al.* (1991), que é até 8% de perdas com base na MS.

A estabilidade aeróbica da silagem de capim-elefante também foi influenciada pelo uso da TPCM como aditivo sequestrante de umidade (Tabela 4).

Os valores de temperatura máxima alcançada (T_{max}) responderam de forma linear crescente ($P < 0,05$) a adição de TPCM na silagem de capim-elefante. A elevação das temperaturas observadas para as silagens pode estar relacionada ao maior aporte de nutrientes facilmente fermentáveis, o que favoreceu a proliferação de micro-organismos aeróbios deteriorantes após a abertura do silo.

Tabela 4- Estabilidade aeróbia de silagens de capim-elefante aditivadas com níveis crescentes de torta de polpa de coco macaúba (TPCM)

Variável	Doses de TPCM (% da massa verde)	Equação de regressão	R ²	CV(%)
----------	----------------------------------	----------------------	----------------	-------

l	0	6	12	18	24	30			
Tmax	28, 3	28,8 5	29,0 4	28,9 7	29,8 8	31,4 3	$\hat{Y} = 0,0832x + 28,2726$	0,7 4	4,18
TTmax	48	135	183	207	207	150	$\hat{Y} = -0,4524x^2 + 17,143x + 47,143$	0,9 9	3,19
TmaxA	3,9	4,65	4,95	4,23	5,38	7,55	$\hat{Y} = 0,005x^2 - 0,062x + 4,328$	0,6 6	24,31
ST	13, 7	15,1 3	12,1	6,28	11,0 5	26,4	$\hat{Y} = 0,05x^2 - 1,2839x + 16,863$	0,6 2	29,72
Ttend	24	96	144	168	168	120	$\hat{Y} = -0,393x^2 + 15,214x + 21,429$	0,9 9	3,68
Tquebra	39	111	159	183	183	135	$\hat{Y} = -0,393x^2 + 15,214x + 36,429$	0,9 9	3,28

R²- Coeficiente de determinação; CV (%) - Coeficiente de variação; Tmax: temperatura máxima alcançada (°C); TTmax: tempo para alcançar a temperatura máxima (horas); Ttend: tempo para tendência de elevação (horas); TmaxA: temperatura máxima da silagem descontando-se a temperatura ambiente (°C); Tquebra: tempo necessário para a temperatura da silagem atingir 2°C acima da temperatura ambiente (horas); ST somatório das diferenças de temperatura das silagens e do ambiente (°C); ¹Massa verde.

O tempo para alcançar a temperatura máxima (TTmax) das silagens de capim-elefante respondeu de forma quadrática ($P < 0,05$) à adição de TPCM. Ao proceder com a derivação da equação de regressão observou que o maior tempo (209,54 horas) foi estimado para a dose de 18,95 % de TPCM e que a partir dessa dose a temperatura máxima alcançada foi obtida em menor tempo, confirmado a maior atuação e proliferação de micro-organismos aeróbios deteriorantes.

A temperatura máxima alcançada descontando-se a temperatura ambiente (TmaxA) das silagens de capim-elefante apresentou resposta quadrática decrescente ($P < 0,05$) em função dos níveis de TPCM. O ponto de mínimo foi estimado em 4,13 °C referente a dose 6,04% de TPCM e o valor máximo observado no experimento foi de 7,55 °C referente a dose 30% de TPCM.

O somatório das diferenças de temperatura das silagens e do ambiente (ST), respondeu de forma quadrática à adição de torta ($P < 0,05$) nas silagens de capim-elefante. Durante as 240 horas, o menor acúmulo de temperatura (8,62 °C) foi estimado para a silagem aditivada com dose de 12,84 % de TPCM. A partir desse ponto houve aumento no acúmulo de temperatura. Pelo ST das silagens é possível explicar as variações nas temperaturas ocorridas no experimento, pois quanto maior for seu valor menor será o tempo para que a silagem perca sua estabilidade em exposição ao ar (O'KIELY *et al.*, 1999).

O tempo para elevação de 2°C na temperatura das silagens de capim-elefante em relação a temperatura ambiente, denominado tempo para quebra de estabilidade (Tquebra) e o tempo de tendência de elevação (TTend) apresentaram comportamameto similares, sendo

observado efeito quadrático positivo ($P < 0,05$) para ambas as variáveis. O máximo valor estimado de Tquebra foi de 183,71 horas e o máximo de TTend foi de 138,71 horas, valores esses que convergiram para a mesma dose de inclusão da TPCM (19,36 %), mostrando assim que essa dose promoveu a maior duração da estabilidade aeróbia das silagens de capim-elefante e que a partir dessa dose a duração da estabilidade volta a cair. Essa redução na estabilidade com o aumento na inclusão do aditivo se deve ao maior teor de carboidratos rapidamente fermentáveis, que criam um ambiente propício para o crescimento de micro-organismos aeróbios deteriorantes, como fungos e leveduras.

Já, o cenário verificado para o tratamento controle (sem inclusão da TPCM) caracterizou-se por rápida quebra na estabilidade (39 h), possivelmente por atuação de outros tipos de micro-organismos em silagens com elevado teor de umidade (Figura 1). Bernardes *et al.* (2003) relataram que silagens de gramíneas tropicais com menos de 30% de MS são mais propensas à deterioração por bactérias (*Bacillus* e *Enterobactérias*), em virtude da estabilidade de fermentação em pH elevado, concentração de umidade e ausência de substrato (ácido láctico) para as leveduras, que são sensíveis a fonte de nutrientes, o que pode explicar os resultados obtidos neste experimento para as silagens de capim-elefante sem aditivo.

Segundo Weinberg e Muck (1996), silagens caracterizadas por alta predominância de ácido láctico, bem como presença de açúcares não fermentados, são mais afetadas pela deterioração aeróbia. Outros autores relatam ainda que, as leveduras, os fungos e algumas espécies de bactérias realizam a assimilação aeróbia de ácido láctico da silagem, o qual é degradado em dióxido de carbono e água, resultando em aumento na produção de calor e perdas de nutrientes (PAHLOW *et al.*, 2003). Além disso, McDonald, Henderson e Heron (1991) afirmam que a degradação desse ácido favorece a elevação do pH da silagem, permitindo o crescimento de micro-organismos oportunistas como mofo e bactérias.

Na Figura 2, são apresentados os valores de pH durante o teste de estabilidade das silagens de capim-elefante. A medida que se prolongou as avaliações, foram verificados aumento nos valores de pH em todas as silagens de capim-elefante. No início da exposição ao ar, no instante 0, silagens de capim-elefante sem a inclusão de TPCM apresentavam os menores valores de pH, no entanto, às 72 horas de exposição ao oxigênio, essas silagens já haviam demonstrado aumento excessivo do pH, o que pode ter ocorrido pelo rápido consumo de ácido láctico nessas silagens (PAHLOW *et al.*, 2003).

Entretanto nas demais silagens, o valor de pH ainda se encontrava constante. A maior estabilidade observada, ou seja, maior constância nos valores de pH, foi verificada nos tratamentos 4 e 5 (18 e 24 % de inclusão da TPCM), em que a quebra da estabilidade

começou a acontecer em torno das 192 horas de exposição ao ar. Mesmo que este estudo não tenha avaliado as concentrações dos ácidos orgânicos presentes na silagem, pode inferir que nessas doses de 18 e 24 % houve elevada produção do ácido acético que é produzido por meio do metabolismo de bactérias ácido lácticas heterofermentativas, sendo considerado um dos principais responsáveis pela maior estabilidade aeróbia em silagens (TAYLOR; KUNG, 2002). Estudos revelam que o ácido acético foi eficaz em inibir o crescimento de leveduras e microrganismos iniciadores do processo de deterioração (KLEINSCHMIT, KUNG; 2006; WILKSON, DAVES; 2013).

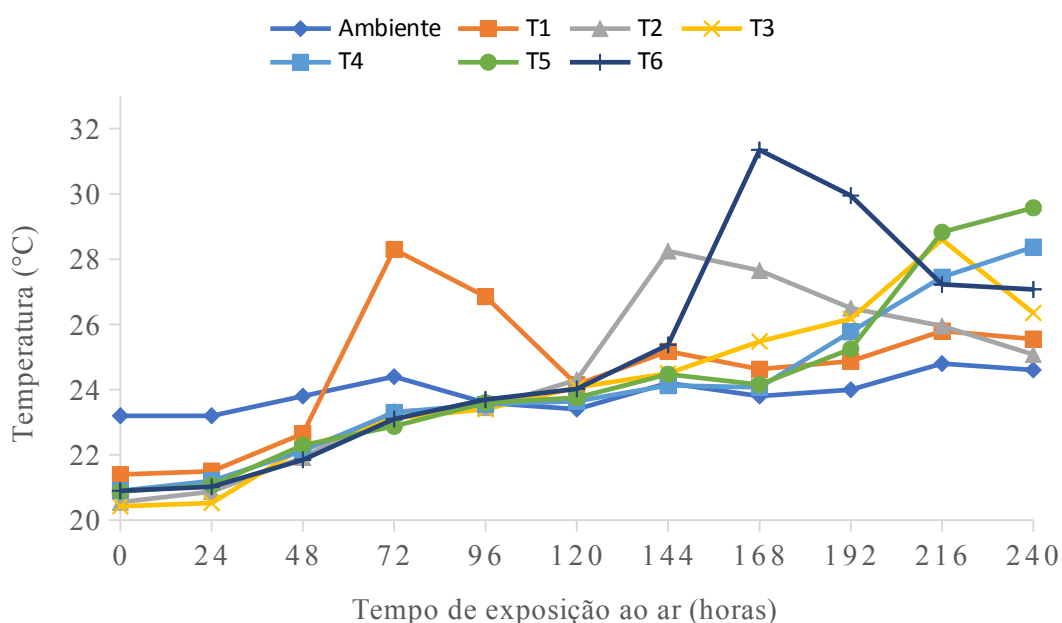


Figura 1- Variação na temperatura durante o teste de estabilidade aeróbia de silagem de capim-elefante. T1- sem aditivo; T2- Silagem contendo 6 % de TPCM, T3- Silagem contendo 12 % de TPCM, T4- Silagem contendo 18 % de TPCM, T5- Silagem contendo 24 % de TPCM, T6- Silagem contendo 30 % de TPCM

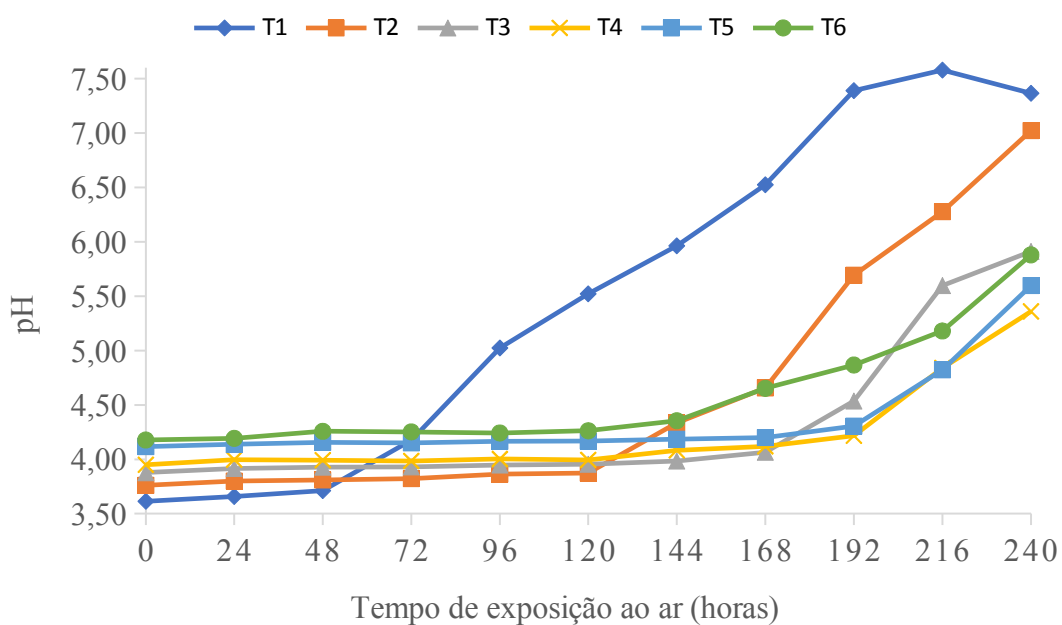


Figura 2- Variação de pH durante o teste de estabilidade aeróbia de silagens de capim-elefante. T1- sem aditivo; T2- Silagem contendo 6 % de TPCM, T3- Silagem contendo 12 % de TPCM, T4- Silagem contendo 18 % de TPCM, T5- Silagem contendo 24 % de TPCM, T6- Silagem contendo 30 % de TPCM

5 CONCLUSÕES

A adição de TPCM melhora o valor nutritivo das silagens de capim-elefante.

Níveis de inclusão entre 10 e 15% de TPCM são suficientes para otimizar os teores de MS e EE das silagens e ainda proporcionar uma elevada estabilidade aeróbia.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, F.P. **Estudo das características físico-químicas dos óleos da amêndoa e polpa da macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart]**- Botucatu: Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp. 2007. 66p. (Dissertação, Mestrado em Agronomia).

ALVES, E.B; OLIVEIRA, I. L; GERVASIO, J.R; BASTOS, M.S; SILVA, S.M; GUSMAO, J.O; LIMA, L.M; BERNARDES, T.F. Effect of canopy height on the nutritive value of elephant grass silage. In: JOINT ANNUAL MEETING. 2016. Salt Lake City. **Proceedings...** Journal Animal Science and Dairy Science, 2016, p. 388.

ANDRADE, A.P; QUADROS, D. G.; BEZERRA, A. R. G; ALMEIDA, J. A.R; SILVA, P. H. S; ARAÚJO, J. A. M. Aspectos qualitativos da silagem de capim-Elefante com fubá de milho e casca de soja. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n.3, p. 1209-1218, 2012.

AZEVEDO, R.A.; RUFINO, L.M.A.; SANTOS, A.C.R.; SILVA, L.P.; BONFÁ, H.C.; DUARTE, E.R.; GERASSEV, L.C. Desempenho de cordeiros alimentados com inclusão de torta de macaúba na dieta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.11, p.1663–1668, 2012.

BARRETO, S.M.P. **Avaliação do valor nutritivo da torta de macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart.) na alimentação de caprinos**. 2008. 74p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros.

BERNARDES, T.F.; REIS, R.A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P. Dinâmica microbiológica e alterações químicas das silagens de capim-Marandu (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) após a abertura dos silos. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2003. (CD-ROM).

BERNARDES, T.F.; REIS, R.A.; MOREIRA, A.L. Fermentative and microbiological profile of marandu-grass ensiled with citrus pulp pellets. **Scientia Agricola**, v.62, n.3, p.214-220, 2005.

BERNARDES, T. F; SOUZA, N. S. S; SILVA, J. S. L. P; SANTOS, I. A. P; FATURI, C; DOMINGUES, F. N. Uso de inoculante bacteriano e melaço na ensilagem de capim-Elefante. **Revista de Ciências Agrárias - Amazon Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 56, n. 2, p. 173–178, 2013.

BERNARDINO, F.S.; GARCIA, R.; ROCHA, F.C.; SOUZA, A.L.; PEREIRA, O.G. Produção e características do efluente e composição bromatológica da silagem de capim-

elefante contendo diferentes níveis de casca de café. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, supl., p. 2185-2191, 2005.

BONDAR, G. **Palmeiras do Brasil**. São Paulo: Instituto de Botânica, São Paulo, 1964, n.2; p. 50-554.

BYERS, F.M.; SCHELLING G.T. Lipids in ruminant nutrition. In: CHURCH, D.C. (ed.). **The ruminant animal: digestive physiology and nutrition**. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, 1989. p.293-312.

CARDOSO, A. M.; ARAUJO, S. A. C.; ROCHA, N. S.; DOMINGUES, F. N.; AZEVEDO, J. C.; PANTOJA, L. A. Elephant grass silage with the addition of crambe bran conjugated to different specific mass. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 38, n.4, p. 375-382, 2016.

CASTRO, F.G.F.; NUSSIO, L.G.; HADDAD, C.M.; CAMPOS, F.P.; COELHO, R.M.; MARI, L.J.; TOLEDO, P.A. Características de fermentação e composição químico bromatológica de silagens de capim-tifton 85 confeccionadas com cinco teores de matéria seca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.1, p.7-20, 2006.

CESAR, E. **Biodisel no tanque**. Pesquisa fapesp, 94 ed., 2003.

CHERNEY, J.H.; CHERNEY, D.J.R. Assessing silage quality. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.; HARRISON, J. (Eds.). **Silage science and technology**. Madison: American Society of Agronomy, p.141-198, 2003.

CIPRIANO, R.. **Descobrimos o poder da macaúba**. 2006. Disponível em: <<http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2006/foldernoticia.2006-04-03.3722359657/noticia.2006-04-26.0919750710/>>. Acesso em: 22 maio 2017.

CORRÊA, L. A.; POTT, E. B. Silagem de capim. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 2., 2001, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2001. p. 339-362.

COSTA, G. L. A. **Avaliação do potencial mutagênico, antimutagênico e antioxidante do óleo da polpa de *Acrocomia aculeata* (Arecaceae)**. Tese (Mestrado em Biotecnologia aplicada à saúde) - Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande-MS, 2012.

CRUZ, B. C.C; CRUZ, C. L.S; PIRES, A. J.V; ROCHA, J. B; SANTOS, S; BASTOS, M. P.V. Composição bromatológica da silagem de capim-elefante com diferentes proporções de casca desidratada de maracujá (*Passiflora edulis* Sims f. flavicarpa) **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.5, n.3, p.434-440, 2010.

DETMANN, E., SOUZA, M. A., VALADARES FILHO, S. C., QUEIROZ, A. C., BERCHIELLI, T. T., SALIBA, E. O. S., ... AZEVEDO, J. A. G. (2012). **Métodos para análise de alimentos** - Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal, INCT. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema.

DEXTER, S. T. Water retaining capacity of various silage additives and silage crops under pressure. **Agronomy Journal**, Madison, v. 53, n. 6, p. 379-381, 1961.

DOREAU, M.; FERLAY, A. Effect of dietary lipids on nitrogen metabolism in the lumen: a review. **Livestock Production Science**, v.43, n.2, p.97-110, 1995.

ESTEFAN, A. O..Estudo do potencial antiinflamatório dos extratos de *Acrocomia aculeata* no processo inflamatório agudo e crônico em modelos experimentais. In: III SIMPÓSIO INTERCÂMBIO BRASIL-JAPÃO EM SUSTENTABILIDADE: UM DESAFIO DA HUMANIDADE, 8 e 9 de outubro de 2010, Campo Grande-MS.

FERREIRA, E. A. **Idades de corte do capim-elefante BRS Canará para produção de forragem e feno picado**. Cuiabá: Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, 2015, 77p (Dissertação de mestrado).

FERREIRA, D. J; LANA, R. P; ZANINE, A. M; SANTOS, E. M; VELOSO, C. M; RIBEIRO, G. A. Show more et al. Silage fermentation and chemical composition of elephant grass inoculated with rumen strains of *Streptococcus bovis*. **Animal Feed Science and Technology**, v. 183, p.22-28, 2013.

FONSECA, D. M. & MARTUSCELLO, J. A. **Plantas forrageiras**, Viçosa: Editora da UFV, 2010. 537p.

GONÇALVES, J.S., J.N.M. NEIVA, N.F. VIEIRA, G.S. OLIVEIRA FILHO E R.N.B. LOBO. Valor nutritivo de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) com adição de diferentes níveis dos subprodutos do processamento de acerola (*Malpighia glabra* L.) e de goiaba (*Psidium guajava* L.). **Revista Ciência Agronômica**, v.35, n.2, p.131-137, 2004.

GRAY, M. **Palm and Cycad Societies of Australia**.2005 Disponível em: <<http://www.pacsoa.org.au/palms/Acrocomia/aculeata.html>> Acesso em: 20 jun. 2016.

HENDERSON, A.; GALEANO, G.; BERNAL, R. Field Guide to the Palms of the Americas. New Jersey: **Princeton University**, p.166-167., 1995.

IGARASI, M.S. **Controle de perdas na ensilagem de capim-tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. Cv. Tanzânia) sob efeitos do teor de matéria seca, do tamanho de partícula, da estação do ano e da presença de inoculante bacteriano**. Piracicaba-SP: Universidade de São Paulo / Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2002, 132p. (Dissertação de Mestrado em Agronomia).

JOBIM, C. C.; NUSSIO, L. G.; REIS, R. A.; SCHMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, , p.101-119, 2007. (supl. especial).

KLEINSCHMIT, D. H.; KUNG Jr, L. A Meta-Analysis of the Effects of *Lactobacillus buchneri* on the Fermentation and Aerobic Stability of Corn and Grass and Small-Grain Silages. **Journal of Dairy Science**, v. 89, n.10, p. 4005- 4013, 2006.

KUNG JR, L.; ROBINSON, J.R.; RANJIT, N.K.; CHEN, J. H.; GOLT, C. M.; PESEK, J. D. Microbial populations, fermentation end-products, and aerobic stability of corn silage treated with ammonia or a propionic acid-based preservative. **Journal of Dairy Science**, v.83, n.7, p.1479-1486, 2000.

KUNG JR., L.; STOKES, M. R.; LIN, C. J. Silage additives. In: BUXTON, D. R.; MUCK, R. E.; HARRISON, J.H. (Eds.) **Silage science and technology**. Wisconsin: ASA; CSSA; SSSA, p.305-360, 2003.

LORENZI, G. M. A. C., ***Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart. – Arecaceae: bases para o extrativismo sustentável**. Curitiba, 2006, 156f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M.; MEDEIROS-COSTA, J. T.; CERQUEIRA, L. S. C.; BEHR, N. **Palmeiras do Brasil: exóticas e nativas**. Nova Odessa: Plantarum, 1996. p. 1-20.

LOURES, D. R. S.; GARCIA, R.; PEREIRA, O. G.; CECON, P. R.; SOUZA, A. L. Características do efluente e composição químico-bromatológica da silagem de capim-elefante sob diferentes níveis de compactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1851-1858, 2003.

MCDONALD, P. **The biochemistry of silage**. Nova York: Jonh Wiley & Sons, 1981. 226p.

MCDONALD, P.; HENDERSON, N.; HERON, S. **The biochemistry of silage**. Marlow Bucks: Chalcombe Publications, 1991. 340p.

- MORAIS, G. **Coprodutos do biodiesel na ensilagem da cana-de-açúcar**. 2012. 56 p. Dissertação (mestrado em Zootecnia). Lavras: UFLA.
- MOTA, P. E. S.; MOURA, R. L.; PORTELA, G. L. F.; CARVALHO, W. F. C.; OLIVEIRA, M. R. A. Perdas e características fermentativas da silagem de capim-elefante com diferentes aditivos. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 11, n. 1, p. 126 - 130, 2015.
- MOTTA, P. E. F.; CURI, N.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; GOMES, J. B. V. Ocorrência de macaúba em Minas Gerais: relação com atributos climáticos, pedológicos e vegetacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.7, p.1023-1031, 2002.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements so dairy cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2001. 450p.
- NUCCI, S. M. **Desenvolvimento, caracterização e análise da utilidade de marcadores microssatélites em genética de população de macaúba**. Dissertação (Mestrado em agricultura tropical e subtropical). 82p. Instituto Agrônomo, Campinas – SP, 2007.
- NUSSIO, L.G.; MANZANO, R.P.; AGUIAR, R.N.S.; CRESTANA, R.F.; BALSALOBRE, M.A. Silagem do excedente de produção das pastagens para suplementação na seca. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE GADO DE CORTE, 2000, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2000. p.121-138.
- OLIVEIRA, J. B.; PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P. C.; RIBEIRO, L. S. O.; CRUZ, J. F.; SILVA, F. F. Subprodutos industriais na ensilagem de capim elefante para cabras leiteiras: consumo, digestibilidade de nutrientes e produção de leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.2, p.411-418, 2010.
- O'KIELY, P.; MOLONEY, A.; KEATING, T.; SHIELS, P. **Maximing output of beef within cost efficient, environmentally compatible forage conservation systems**. Dunsany: Grange Research Centre, 1999. 64p. (Beef Productions Series, 10).
- PAHLOW, G; MUCK, R.E.; DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; SPOELSTRA, S.F. Microbiology of ensiling. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H (Ed.). **Silage science and technology**. Madison: American Society of Agronomy; Crop Science Society of America; Soil Science Society of America, 2003. p. 31-94.
- PALMQUIST, D.L.; JENKINS, T.C. Fat in lactation rations: review. **Journal of Dairy Science**, v.63, n.1, p.1-14, 1980.

PEREIRA, E. S.; MIZUBUTI, I. Y.; PINHEIRO, S. M.; VILLARROEL, A. B. S.; CLEMENTINO, R. H. Avaliação da qualidade nutricional de silagens de milho (*Zea mays*, L). **Revista Caatinga**, v.20, n.3, p.08-12, 2007.

PEREIRA, O.G.; SANTOS, E.M. Microbiologia e o processo de fermentação em silagens. In: III SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM. **Anais...** Viçosa: UFV, 2006. p.393-430.

PEREIRA, O.G.; RIBEIRO, K. G.; DE OLIVEIRA, A.S. Capineira. In: REIS et al. (Ed.). Forragicultura: Ciência, Tecnologia e Gestão dos Recursos Forrageiros. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 2013. p. 607-615.

PINHO, B. D.; PIRES, A. J. V.; RIBEIRO, L. S. O.; CARVALHO, G. G. P. Ensilagem de capim-elefante com farelo de mandioca. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 9, n. 4, p. 641-645, 2008.

PIRES, A. J. V. ; CARVALHO, G. P.; GARCIA, R.; CARVALHO JÚNIOR, J. N.; RIBEIRO, L. S. O.; CHAGAS, D. M. T.. Comportamento ingestivo de ovinos alimentados com silagens de capim-elefante contendo casca de café, farelo de cacau ou farelo de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.8, p.1620-1626, 2009.

RIBEIRO, C.G.M.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S.; RODRIGUEZ, N.M.; BORGES, I.; BORGES, A.L.C.C.; SALIBA, E.O.S.; CASTRO, G.H.F.; RIBEIRO JUNIOR, G.O. Padrão de fermentação da silagem de cinco genótipos de sorgo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, n.6, p.1531-1537, 2007.

RÊGO, M. M. T., NEIVA, J. N. M., RÊGO, A. C., CÂNDIDO, M. J. D., CLEMENTINO, R. H., & RESTLE, J. Nutritional evaluation of elephant-grass silages with byproduct of annatto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.10, p.2281-2287, 2010.

RESENDE, F.D.; QUEIROZ, A.C.; FONTES, C.A.A.; PEREIRA, J.C.; RODRIGUEZ, L.R.; JORGE, R.; ROS, J.M.S. Rações com diferentes níveis de fibra em detergente neutro na alimentação de bovídeos em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.23, n.3, p.366-376, 1994.

REZENDE, A.D.; JÚNIOR, D.C.N.A.; RABELO, C.H.S.; RABELO, F. H. S.; SILVA, A. C. L. M.; SILVEIRA, M. S.; SANTOS, W. B. Qualidade de silagens de cana-de-açúcar e capim-elefante aditivadas com torta de polpa de coco macaúba. **Revista Agrarian**, v.3, n.9, p.224-232, 2010.

RUFINO, L.M.A.; BARRETO, S.M.P.; DUARTE, E.R.; GERASEEV, L. C.; SANTOS, A. C. R.; JARUCHE, Y. G. Efeitos da inclusão de torta de macaúba sobre a população de protozoários ruminais de caprinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.4, p.899-903, 2011.

SANJINEZ-ARGANDOÑA E. J.; CHUBA C. A. M. Caracterização biométrica, física e química de frutos da palmeira bocaiuva *Acrocomia aculeata* (Jacq) Lodd. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 3, p. 1023-1028, 2011.

SANTOS, E. M.; PEREIRA, O. G.; GARCIA, R.; FERREIRA, C. L. L. F.; OLIVEIRA, J. S.; SILVA, T. C.; ROSA, L. O. Microbial populations, fermentative profile and chemical composition of signal Grass silages at different regrowth ages. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.4, p.747-755, 2011.

SANTOS, E. M.; ZANINE, A. M.; DANTAS, P. A. S.; DÓREA, J. R. R.; SILVA, T. C.; PEREIRA, O. G.; LANA, R. P.; COSTA, R. G. Composição bromatológica, perdas e perfil fermentativo de silagens de capim-elefante com níveis de inclusão de jaca. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.9, n.1, p. 64-73, 2008.

SANTOS, I. A. P., DOMINGUES, F. N., RÊGO, A. C., SOUZA, N. S. S., BERNARDES, T. F., BARATA, Z. R. P., & MORAES, C. M. Palm kernel meal as additive in the elephant-grass silage. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.15, n.3, p.592-603, 2014.

SANTOS, M. V. F.; GÓMEZ CASTRO, A. G.; PEREA, J. M.; GARCÍA, A.; GUIM, A.; PÉREZ HERNÁNDEZ, M. Fatores que afetam o valor nutritivo das silagens de forrageiras tropicais. **Archivos de Zootecnia**, v. 59, n.2, p. 25-43, 2010.

SAS INSTITUTE. **SAS user's guide**. Version 9.0. Cary: SAS Institute, 2002.

SÁ Jr., A. S.; DE CARVALHO, L. G.; DA SILVA, F. F.; DE ALVES, M. C. Application of the Köppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 108, n. 1-2, p. 1-7, 2012.

SENGER, C. C. D.; MÜHLBACH, P. R. F.; SÁNCHEZ, L. M. B.; PERES NETTO, D.; LIMA, L.D. Composição química e digestibilidade “*in vitro*” de silagens de milho com distintos teores de umidade e níveis de compactação. **Ciência Rural**, v.35, n.6, p.1393-1399, 2005.

SILVA, D.J; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos**: métodos químicos e biológicos. Viçosa: UFV, 2002. 235 p.

SILVA, J.C. **Macaúba: fonte de matéria prima para os setores alimentício, energético e industrial**. Viçosa: CEDAF/DEF/UFV, 1994. 41p.

SILVA, J.F.; LEÃO, M.I. **Fundamentos de nutrição dos ruminantes**. Piracicaba: Livroceres, 1979.380p.

SILVEIRA, R.N.; BERCHIELLI, T.T.; FREITAS, D.; SALMAN, A. K. D.; ANDRADE, P.; PIRES, A. V.; FERNANDES, J. J. R. Fermentação e degradabilidade ruminal em bovinos alimentados com resíduos de mandioca e cana-de-açúcar ensilados com polpa cítrica peletizada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.793-801, 2002.

SNIFFEN, C. J., O'CONNOR, J. D., VAN SOEST, P. J., FOX, D. G., & RUSSELL, J. B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70 n.11, p-3562-3577, 1992

TAYLOR, C. C.; KUNG JUNIOR, L. The effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 on the fermentation and aerobic stability of high moisture corn in laboratory silos. **Journal Dairy Science**, v. 85, n.6, p. 1526-1532, 2002.

TEIXEIRA, F. A.; VELOSO, C. M.; PIRES, A. J. V.; SILVA, F. F.; NASCIMENTO, P. V. N. Perdas na ensilagem de capim-elefante aditivado com farelo de cacau e cana-de-açúcar. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 60, n. 1, p. 227-233, 2008.

TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **Journal of the British Grassland Society**, v.18, n.2, p.104-111, 1963.

VAN SOEST. **Nutrition ecology of the ruminant**. Washington, Cornell Univertsity`Press, 476p. 1994.

VIANA, P. T.; TEIXEIRA, F. A.; PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; FIGUEIREDO, M. P.; JÚNIOR, H. A. S. Losses and nutritional value of elephant grass silage with inclusion levels of cottonseed meal. **Acta Scientiarum. Animal Sceince**, v. 35, n. 2, p.139-144, 2013.

ZANINE, A.M. et al. Evaluation of elephant grass silage with the addition of cassava scrapings. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.12, p.2611-2616, 2010.

WEINBERG, Z.G.; MUCK, R.E. New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. **FEMS Microbiology Reviews**, v.19, p.53-68, 1996.

WILKINSON, J. M.; DAVIES, D. R. The aerobic stability of silage: key findings and recent developments. **Grass and Forage Science**, v. 68, n.1, p. 1- 19, 2013.

YITBAREK, M.; TAMIR, B. Silage additives: review. **Open journal of applied sciences**. v.4, n.4, p.258-274, 2014.